

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-061880

(43)Date of publication of application : 26.02.2004

(51)Int.Cl.

G02F 1/01  
G11B 7/135  
G11B 11/10  
G11B 11/105

(21)Application number : 2002-220338

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 29.07.2002

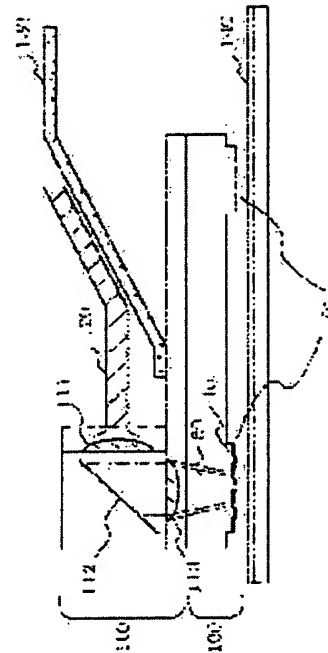
(72)Inventor : ISHI TSUTOMU  
FUJIKATA JUNICHI  
YOKOTA HITOSHI  
KATO KUNIO

(54) OPTICAL ELEMENT, OPTICAL MODULE, AND OPTICAL HEAD USING THE SAME, AND OPTICAL RECORDING/REPRODUCING DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical element having high resolution characteristics, an optical element which realizes stable writing/reading out operation of minute recording pits with high throughput, an optical module, an optical head, and an optical recording/reproducing device.

**SOLUTION:** The optical head is provided with a slider 100, the optical element 10 formed on the surface of the slider, which surface faces a recording medium, and an optical module for condensing the luminous flux from a light source to the optical element. The optical element consists of a conductive film which has first and second surfaces and has at least one opening communicatively connected from the first surface to the second surface and surface shapes periodically disposed on at least the one surface of the first and second surfaces. The center of the incident luminous flux on the optical element and the center of the opening are misaligned and the amount of the misalignment is not more than half the diameter of the luminous flux.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.06.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-61880

(P2004-61880A)

(43) 公開日 平成16年2月26日 (2004.2.26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F1

テーマコード (参考)

GO2F 1/01  
G11B 7/135  
G11B 11/10  
G11B 11/105

GO2F 1/01 F  
G11B 7/135 A  
G11B 7/135 Z  
G11B 11/10 502Z  
G11B 11/105 551K

2H079  
5D075  
5D119  
5D789

審査請求 未請求 請求項の数 27 OL (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-220338 (P2002-220338)

(22) 出願日 平成14年7月29日 (2002.7.29)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(74) 代理人 100109313

弁理士 机 昌彦

(74) 代理人 100111637

弁理士 谷澤 靖久

(74) 代理人 100085268

弁理士 河合 信明

(72) 発明者 石 勉

東京都港区芝五丁目7番1号

日本電気株式会社内

(72) 発明者 藤方 潤一

東京都港区芝五丁目7番1号

日本電気株式会社内

最終頁に続く

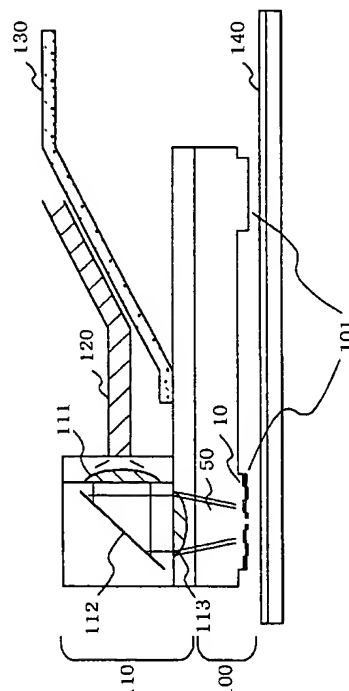
(54) 【発明の名称】 光学素子、光モジュール並びにこれを用いた光ヘッド及び光記録／再生装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高分解能特性を有する光学素子、微小な記録ピットの書き込み／読み出し動作を安定に高スループットで実現する光学素子、光モジュール、光ヘッド並びに光記録／再生装置を提供すること。

【解決手段】 スライダ100と、スライダの記録媒体に対向する面に形成された光学素子10と、光源からの光束を前記光学素子に集光する光モジュールを備えた光ヘッドであって、光学素子は第1および第2の表面を有し、第1の表面から第2の表面に連通する少なくとも一つの開口と、第1および第2の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状を有する導電性フィルムからなり、光学素子に入射する光束の中心と、開口の中心がずれており、このずれ量が光束径の1/2以下である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 および第 2 の表面を有し、前記第 1 の表面から前記第 2 の表面に連通する開口と前記第 1 および前記第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、前記一つの表面に入射し前記開口を通じて伝送される光の強度が、前記表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であって、前記表面形状が形成されている領域が、前記光が前記導電性フィルム面内に入射する領域より大きく、前記開口が、前記表面形状が形成されている領域に設けられていることを特徴とする光学素子。

10

## 【請求項 2】

前記表面形状が、同心円状に形成されていることを特徴とする前記請求項 1 記載の光学素子。

## 【請求項 3】

前記開口の径は、前記入射する光の波長より小さいことを特徴とする前記請求項 1 または 2 に記載の光学素子。

## 【請求項 4】

第 1 および第 2 の表面を有し、前記第 1 の表面から前記第 2 の表面に連通する開口と前記第 1 および前記第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、前記一つの表面に入射し前記開口を通じて伝送される光の強度が、前記表面形状がない場合に比べて増強される光学素子を備え、前記導電性フィルムに入射する光の光束の中心と、前記開口の中心との位置がずれており、該位置ずれ量が前記光束径の  $1/2$  以下であることを特徴とする光モジュール。

20

## 【請求項 5】

第 1 および第 2 の表面を有し、前記第 1 の表面から前記第 2 の表面に連通する開口と前記第 1 および前記第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、前記一つの表面に入射し前記開口を通じて伝送される光の強度が、前記表面形状がない場合に比べて増強される光学素子を備え、前記光学素子に入射される光の光束が、前記開口を少なくとも内包するように設けられ、前記光束の中心を前記開口に一致させる必要がないことを特徴とする光モジュール。

30

## 【請求項 6】

第 1 および第 2 の表面を有し、前記第 1 の表面から前記第 2 の表面に連通する開口と前記第 1 および前記第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、前記一つの表面に入射し前記開口を通じて伝送される光の強度が、前記表面形状がない場合に比べて増強される光学素子と、前記光学素子に入射される光の偏光面の角度を可変する手段、を備えることを特徴とする光モジュール。

## 【請求項 7】

前記偏光面は直線偏光であって、前記角度は、前記直線偏光の電界振動方向が前記光束の中心と前記開口の中心を結ぶ方向に一致する角度に可変して調整されることを特徴とする前記請求項 6 記載の光モジュール

40

## 【請求項 8】

前記開口の径は、前記入射する光の波長より小さいことを特徴とする前記請求項 4 乃至 8 のいずれかに記載の光モジュール。

## 【請求項 9】

前記表面形状が、同心円状に形成されていることを特徴とする前記請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載の光モジュール。

## 【請求項 10】

前記光学素子に形成された表面形状が、該光学素子に入射される光の集光位置における光束を包含するように設けられていることを特徴とする前記請求項 4 乃至 9 のいずれかに記

50

載の光モジュール。

【請求項 1 1】

前記開口の中心と前記表面形状の中心との位置ずれ量が、前記表面形状の周期の  $1/4$  以下であることを特徴とする前記請求項 4 乃至 10 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 1 2】

光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、  
前記光記録媒体に近接して対面するスライダと、  
前記スライダの前記光記録媒体に対面する面に形成された光学素子、  
を備え、

前記光学素子は、第 1 および第 2 の表面を有し、前記第 1 の表面から前記第 2 の表面に連  
通する開口と前記第 1 および前記第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられ  
た表面形状とを有する導電性フィルムの、前記一つの表面に入射し前記開口を通じて伝送  
される光の強度が、前記表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であって、  
前記光学素子に入射する光の光束の中心と、前記開口の中心との位置がずれており、該位  
置ずれ量が前記光束径の  $1/2$  以下であることを特徴とする光ヘッド。

10

【請求項 1 3】

光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、  
スライダと、  
前記スライダの前記光記録媒体に対面する面に形成された光モジュール、  
を備え、

20

光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、  
前記光記録媒体に近接して対面するスライダと、  
前記スライダの前記光記録媒体に対面する面に形成された光学素子、  
を備え、

前記光学素子は、第 1 および第 2 の表面を有し、前記第 1 の表面から前記第 2 の表面に連  
通する開口と前記第 1 および前記第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられ  
た表面形状とを有する導電性フィルムの、前記一つの表面に入射し前記開口を通じて伝送  
される光の強度が、前記表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であって、  
前記光学素子に入射する光の光束が、前記開口を少なくとも内包するように設けられ、前  
記光束の中心を前記開口に一致させる必要がないことを特徴とする光ヘッド。

30

【請求項 1 4】

光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、  
前記光記録媒体に近接して対面するスライダと、  
前記スライダの前記光記録媒体に対面する面に形成された光学素子と、  
前記光学素子に入射される光の偏光面の角度を可変する手段とを備え、

前記光学素子は、第 1 および第 2 の表面を有し、前記第 1 の表面から前記第 2 の表面に連  
通する開口と前記第 1 および前記第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられ  
た表面形状とを有する導電性フィルムの、前記一つの表面に入射し前記開口を通じて伝送  
される光の強度が、前記表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であることを特  
徴とする光ヘッド。

40

【請求項 1 5】

前記偏光面は直線偏光であって、前記角度は、前記直線偏光の電界振動方向が前記光束の  
中心と前記開口の中心を結ぶ方向に一致する角度に可変して調整されることを特徴とする  
前記請求項 1 4 記載の光ヘッド

【請求項 1 6】

前記開口の径は、前記入射する光の波長より小さいことを特徴とする前記請求項 1 2 乃至  
1 5 のいずれかに記載の光ヘッド。

【請求項 1 7】

前記光学素子に形成された表面形状が、該光学素子に入射される光の集光位置における光  
束を包含するように設けられていることを特徴とする前記請求項 1 2 乃至 1 6 のいずれか

50

に記載の光ヘッド。

【請求項 18】

前記表面形状が、同心円状に形成されていることを特徴とする前記請求項 12 乃至 17 のいずれかに記載の光ヘッド。

【請求項 19】

前記開口の中心と前記表面形状の中心との位置ずれ量が、前記表面形状の周期の  $1/4$  以下であることを特徴とする前記請求項 12 乃至 18 のいずれかに記載の光ヘッド。

【請求項 20】

前記光ヘッドが、

さらに、光源からの光を伝送する光ファイバーと、

前記光ファイバを出射する光を前記光学素子に集光する集光光学系

を備えることを特徴とする前記請求項 12 乃至 19 のいずれかに記載の光ヘッド。

【請求項 21】

前記集光光学系が、

前記光ファイバを出射する光をコリメートするレンズと、

前記コリメート光を前記光学素子に集光する集光レンズ

を備えることを特徴とする前記請求項 20 記載の光ヘッド。

【請求項 22】

前記集光光学系の光軸に垂直な面内における前記光軸からのずれ量は、前記光学素子に入射される光束の中心が前記開口の中心に対して前記光束径の  $1/2$  以下となるように、前記ずれ量が設定されていることを特徴とする前記請求項 20 記載の光ヘッド。

【請求項 23】

前記光ファイバの光軸に垂直な面内における前記光軸からのずれ量は、前記光学素子に入射される光束の中心が前記開口の中心に対して前記光束径の  $1/2$  以下となるように、前記ずれ量が設定されていることを特徴とする前記請求項 20 記載の光ヘッド。

【請求項 24】

前記光ヘッドが、

さらに、前記スライダと前記光学素子と前記光モジュールから成る複合体を支持するサスペンションを備え、

前記サスペンションが、

少なくとも一つのクランプ部位を有し、前記光ファイバが前記クランプ部位に固定されることを特徴とする前記請求項 12 乃至 23 のいずれかに記載の光ヘッド。

【請求項 25】

光源からの光によって光記録媒体に情報を記録し、前記光記録媒体からの反射光によって前記光記録媒体に記録された情報を再生する光ヘッドによって、情報の記録／再生を行う光記録／再生装置であり、

前記光ヘッドが、前記請求項 12 乃至 24 のいずれかに記載の光ヘッドであることを特徴とする光記録／再生装置。

【請求項 26】

記録用光ヘッドと再生用光ヘッドを備え、光記録媒体に情報を記録／再生する光記録再生装置であり、

前記記録用光ヘッドが前記請求項 12 乃至 24 のいずれかに記載の光ヘッドであり、

前記再生用光ヘッドが、前記光記録媒体を通過する透過光を受光して再生する光ヘッド、であることを特徴とする光記録／再生装置。

【請求項 27】

記録用ヘッドと再生用ヘッドを備え、光記録媒体に情報を記録／再生する光記録再生装置であり、

前記光記録媒体が、光磁気記録媒体であり、

前記記録用ヘッドが、請求項 12 乃至 24 のいずれかに記載の光ヘッドであり、前記再生用ヘッドが、前記光磁気記録媒体の漏れ磁束を検出する磁気抵抗効果を用いた磁気ヘッド

10

20

30

40

50

であることを特徴とする光記録／再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は高いスループットと分解能を有し、非常に高い記録密度の情報の蓄積を可能とする光ヘッドおよび光記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

CD-ROM（コンパクトディスクー読み出し専用メモリ）及びDVD（デジタルビデオディスク）のような光記録媒体は、その高い記録密度、コンパクトな設計、ポータビリティ及び頑強性等の特長を有し、特に媒体及び記録再生装置の両方が低価格になりつつあるために、ますます魅力的なデータ記憶媒体になっている。この光記録媒体には、長時間の映像データの記録再生のために、さらなる記録密度の向上が望まれている。

現在の記録密度を超えてさらに記録密度を増加させるためには、データの書き込みあるいは読み出しの際の光ビームのサイズを小さくすることが必要である。通常の光学系、すなわち集光レンズを用いたときの、その焦点における光スポットのサイズは、主に波長とレンズの開口数により決定される。一般には短波長の光源と高い開口数を有するレンズを使用することで光スポットのサイズを小さくすることができる。しかしこの方法では、いわゆる回折限界によるスポットサイズ限界が存在し、そのサイズは光源の波長の半分程度が限界である。

【0003】

最近、この回折限界に束縛されない技術として近接場光学技術が注目を集めている。例えば波長以下の大きさの微小な開口付近には、その開口サイズと同程度の微小な光スポットが形成される。これを利用すれば開口を記録媒体に近接させることで、光源の波長に限定されない微小な光スポットによる微小なピットの書き込みあるいは読み出しの実現が期待できる。

【0004】

一方、このような近接場光学技術を利用した光ヘッドでは、解決しなければならない2つの問題があった。

第1の問題は、光の利用効率が低く、開口を介した光の十分な伝送を行うことが困難であるという問題である。金属膜に設けた波長 $\lambda$ 以下の大きさの開口（開口径 $d$ ）を透過する光のパワーは、H. A. Bethe、「微小孔による回折理論（Theory of Diffraction by Small Holes）」、Physical Review、巻66、頁163-182（1944年）に記されているように $(d/\lambda)$ の4乗に比例して著しく減衰する。したがって微小な開口を介した光伝送は、読み出し用には低すぎる信号対雑音比、書き込み用には低すぎる光強度という問題を潜在的に抱えており、結果として近接場光学技術を用いた実用的な光ヘッドは今までに得られていない。

【0005】

このような状況を打破するべく、光の波長未満の径を有する開口列をもった金属フィルムを使用して、開口列を透過する光の透過率が著しく高められた光伝送技術が開示されている。これはEbbesenらの「波長未満口径の孔列による驚くべき光伝送（Extraordinary optical transmission through sub-wavelength hole arrays）」、Nature、巻391、頁667-669（2月12日1988年）、Ebbesenらの米国特許第5,973,316号明細書（日本国公開特許公報特開平11-72607号）、Kimらの米国特許第6,040,936号明細書（同特開2000-111851号公報）、1998年12月9日に出願されたEbbesenらの米国特許出願番号第09/208,116号（同特開2000-171763号公報）、及び1999年11月5日に出願されたKimらの米国特許出願番号第09/435,132号に詳細に説明してある。

これによれば、開口を周期的な配列で配置することにより、または開口と連携して前記導電性フィルム上に周期的な表面形状を設けることにより、導電性フィルムに照射された光の導電性フィルムに設けた波長以下の直径を有する1つ以上の開口を透過する光強度が周期的な開口や表面形状がない場合に比べて大幅に増加する。実験的な検証によれば、増加率は1,000倍にも達することがある。この増加は、導電性フィルムに入射する光が導電性フィルムに励起される表面プラズモンモードと共鳴的に相互作用するとき起こると記載されている。

#### 【0006】

阪口らは、特開2001-291265号公報において、この現象を利用した非常に高い透過光パワー密度と分解能を有する、光記録装置用の読み出し／書き込みヘッドを開示した。この光ヘッドでは、金属膜の表面の少なくとも一方の面に設けられた周期的な表面形状により、金属膜の表面の一方に入射する光が金属膜の表面の少なくとも一方での表面プラズモンモードと相互作用し、その結果金属膜を貫通する開口を通る透過光の強度が増加することが記載されている。

10

#### 【0007】

図14に特開2001-291265号公報に開示された読み出し／書き込みヘッドの構造を示す。この読み出し／書き込みヘッド500は、導波路510及びプラズモン増幅デバイス520を備える。導波路510は光記録媒体550に近接して位置する端面512を備え、導波路510は読み出し／書き込みヘッド500の端面512における面積を小さくするように先細の形状をしている。光記録媒体550との距離 $z$ は開口の直径と同程度である。プラズモン増幅デバイス520は、導波路510の端面512に接して設けられており、導波路510からプラズモン増幅デバイス520を通過する光の透過強度を大きくする。プラズモン増幅デバイス520は、貫通した開口530をもった、好ましくは銀である金属膜522を有し、貫通した開口530の寸法がデバイスの分解能を決定する。開口530の直径 $d$ は開口に入射する光の波長以下であり、光記録媒体50上のピットの寸法に対応する。必要な透過光強度は、記録ピット書き込みのために必要なパワーで決まり、例えば媒体550が相変化光記録媒体である場合には、その光強度は媒体を局所的に溶融させるのに十分大きい必要がある。金属膜522には周期的な表面形状540がさらに設けられている。この周期的な表面形状を設けることにより、非常に高い透過光量が得られ、光記録媒体上に波長以下のサイズで読み出し及び書き込みを可能にする読み出し／書き込みヘッドが実現する。この読み出し／書き込みヘッドでは、現在市販されている光源をそのまま使用することが可能であり、これよりも短い波長を有する光源に頼ることなく微小なサイズの読み出し及び書き込みが可能となる。

20

近接場光学技術を用いた光ヘッドのもつ光の利用効率が低いという問題点は、上述の開示技術によって解消される。

30

#### 【0008】

解決すべきもう一つの問題は、主に製造上の困難さに起因するものである。光の利用効率を極限まで高めるためには、微小開口の形成位置と、光源からの光の集光位置とを正確に一致させる必要があった。この問題は、特開2001-291265号公報の技術においても回避できない問題であり、該公報には解決手段は述べられていない。

40

レンズ等の集光部による集光位置と、微小開口の位置を正確に一致させるための施策として、例えば特開2001-74632号公報においては、図15に示すような方法が開示されている。

2つの異なる波長特性を有する光源 $L$ と $L'$ 690と、一方の光源 $L'$ からの光に対しては感光性を有し、もう一方の光源 $L$ からの光に対しては感光性を有しないフォトレジスト膜650を基体膜640の上に準備する。基体膜640は、光源 $L$ の光を一部透過する。微小開口を形成する集光部631上には基体膜640とフォトレジスト膜650が形成され、またフォトレジスト膜に隣接して微小開口661を有する遮光マスク660が配置されている。遮光マスク660のフォトレジスト膜側と反対側に、遮光マスク660の微小開口661から漏れる光を検出する受光器680を設けられている(図15(A))。

50

光源 L の光を集光部 631 に入射し、これをフォトレジスト膜 650 上に結像させる。このとき基体膜 640 とフォトレジスト膜 650 を透過し、遮光マスク 660 の微小開口 661 を介して受光器 680 で観測される光量が最大になるよう、遮光マスク 660 の位置を調整する。

次に（図 15（B））受光器 680 の位置に受光器に替わって光源 L' 690 を配置し、この光源からの光により遮光マスクの微小開口 661 を介してフォトレジスト膜 650 を感光させて現像し、基体膜 640 のこの部分に微小開口を形成する。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上記方法においては、微小開口を形成するまでに非常に多くの工程を要すること、さらには組み立て装置が大掛かりなものになってしまうという問題を有する。したがって微小開口の形成位置と、光源からの光の集光位置とを正確に一致させることを、低コストで簡便に行う現実的な方法はいまだ実現していなかった。

本発明の目的は、高スループット／高分解能特性を有する、微小な記録ピットの書き込み／読み出し動作を安定に実現する光学素子、光モジュール並びにこれを用いた光ヘッド及び光記録／再生装置を、低コストでかつ簡便な方法で提供することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者は前記課題を解決するため試行錯誤を重ねたところ、導電性フィルムに設けた波長以下の直径を有する 1 つ以上の開口と、開口と連携した周期的な表面形状を有する構造において、特開 2001-291265 号公報においては述べられていない、新たな作用を見出した。これにより微小開口位置と、光束の集光位置を必ずしも正確に一致させなくとも、前記の表面形状、光束、及び開口の位置を適当な位置関係に画定することで、光の利用効率が高い光学素子や光モジュール、高スループット／高分解能特性を有する光ヘッドや光記録／再生装置を、低コストな方法で提供することが可能となった。

本発明はかかる知見に基づくものであり、次のような特徴を有している。

#### 【0011】

本発明の光学素子は、第 1 および第 2 の表面を有し、第 1 の表面から第 2 の表面に連通する開口と第 1 および第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、一つの表面に入射し開口を通じて伝送される光の強度が、表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であって、表面形状が形成されている領域が、光が導電性フィルム面内に入射する領域より大きく、開口が、表面形状が形成されている領域に設けられていることを特徴とする。表面形状が、同心円状に形成されており、開口の径は、入射する光の波長より小さい。

#### 【0012】

本発明の光モジュールは、第 1 および第 2 の表面を有し、第 1 の表面から第 2 の表面に連通する開口と第 1 および第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、一つの表面に入射し開口を通じて伝送される光の強度が、表面形状がない場合に比べて増強される光学素子を備え、導電性フィルムに入射する光の光束の中心と、開口の中心との位置がずれており、該位置ずれ量が光束径の 1/2 以下であることを特徴とする。

また、別なる本発明の光モジュールは、第 1 および第 2 の表面を有し、第 1 の表面から第 2 の表面に連通する開口と第 1 および第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、一つの表面に入射し開口を通じて伝送される光の強度が、表面形状がない場合に比べて増強される光学素子を備え、光学素子に入射される光の光束が、開口を少なくとも内包するように設けられ、光束の中心を開口に一致させる必要がないことを特徴とする。

さらに別なる本発明の光モジュールは、第 1 および第 2 の表面を有し、第 1 の表面から第 2 の表面に連通する開口と第 1 および第 2 の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、一つの表面に入射し開口を通じて伝送され



る光の強度が、表面形状がない場合に比べて増強される光学素子と、光学素子に入射される光の偏光面の角度を可変する手段、を備えることを特徴とする。偏光面は直線偏光であって、角度は、直線偏光の電界振動方向が光束の中心と開口の中心を結ぶ方向に一致する角度に可変して調整されることを特徴とする請求項6記載の光モジュールさらに別なる本発明の光モジュールは、開口の径は、入射する光の波長より小さいことを特徴とする請求項4乃至7のいずれかに記載の光モジュール。

上記いずれの光モジュールも、表面形状が、同心円状に形成されており、光学素子に形成された表面形状が、該光学素子に入射される光の集光位置における光束を包含するように設けられている。また、開口の中心と表面形状の中心との位置ずれ量が、表面形状の周期の $1/4$ 以下である。

【0013】

また、本発明の光ヘッドは、光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、光記録媒体に近接して対面するスライダと、スライダの光記録媒体に対面する面に形成された光学素子、を備え、光学素子は、第1および第2の表面を有し、第1の表面から第2の表面に連通する開口と第1および第2の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、一つの表面に入射し開口を通じて伝送される光の強度が、表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であって、光学素子に入射する光の光束の中心と、開口の中心との位置がずれており、該位置ずれ量が光束径の $1/2$ 以下であることを特徴とする。

また、別なる本発明の光ヘッドは、光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、スライダと、スライダの光記録媒体に対面する面に形成された光モジュール、を備え、光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、光記録媒体に近接して対面するスライダと、スライダの光記録媒体に対面する面に形成された光学素子、を備え、光学素子は、第1および第2の表面を有し、第1の表面から第2の表面に連通する開口と第1および第2の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、一つの表面に入射し開口を通じて伝送される光の強度が、表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であって、光学素子に入射する光の光束が、開口を少なくとも内包するように設けられ、光束の中心を開口に一致させる必要がないことを特徴とする。

また、別なる本発明の光ヘッドは、光記録媒体に情報の記録及び／または再生を行う光ヘッドであって、光記録媒体に近接して対面するスライダと、スライダの光記録媒体に対面する面に形成された光学素子と、光学素子に入射される光の偏光面の角度を可変する手段とを備え、光学素子は、第1および第2の表面を有し、第1の表面から第2の表面に連通する開口と第1および第2の表面の少なくとも一つの表面に周期的に設けられた表面形状とを有する導電性フィルムの、一つの表面に入射し開口を通じて伝送される光の強度が、表面形状がない場合に比べて増強される光学素子であることを特徴とする。

上記いずれの光ヘッドにおいて、偏光面は直線偏光であって、角度は、直線偏光の電界振動方向が光束の中心と開口の中心を結ぶ方向に一致する角度に可変して調整される、また、開口の径は、入射する光の波長より小さい。また、光学素子に形成された表面形状が、該光学素子に入射される光の集光位置における光束を包含するように設けられており、表面形状が、同心円状に形成されている。そして、開口の中心と表面形状の中心との位置ずれ量が、表面形状の周期の $1/4$ 以下である。

また、光ヘッドが、さらに、光源からの光を伝送する光ファイバーと、光ファイバを出射する光を光学素子に集光する集光光学系を備えることを特徴とし、集光光学系が、光ファイバを出射する光をコリメートするレンズと、コリメート光を光学素子に集光する集光レンズを備える。また、集光光学系の光軸に垂直な面内における光軸からのずれ量は、光学素子に入射される光束の中心が開口の中心に対して光束径の $1/2$ 以下となるように、ずれ量が設定されている。光ファイバの光軸に垂直な面内における光軸からのずれ量は、光学素子に入射される光束の中心が開口の中心に対して光束径の $1/2$ 以下となるように、ずれ量が設定されている。

10

20

30

40

50

また上記いずれの光ヘッドが、さらに、スライダと光学素子と光モジュールから成る複合体を支持するサスペンションを備え、サスペンションが、少なくとも一つのクランプ部位を有し、光ファイバがクランプ部位に固定される。

#### 【0014】

本発明の光記録／再生装置は、光源からの光によって光記録媒体に情報を記録し、光記録媒体からの反射光によって光記録媒体に記録された情報を再生する光ヘッドによって、情報の記録／再生を行う光記録／再生装置であり、光ヘッドが、上述の光ヘッドであることを特徴とする。

また、別なる本発明の光記録／再生装置は、記録用光ヘッドと再生用光ヘッドを備え、光記録媒体に情報を記録／再生する光記録再生装置であり、記録用光ヘッドが上述の光ヘッドであり、再生用光ヘッドが、光記録媒体を通過する透過光を受光して再生する光ヘッドであることを特徴とする。

また、さらに別なる本発明の光記録／再生装置は、記録用ヘッドと再生用ヘッドを備え、光記録媒体に情報を記録／再生する光記録再生装置であり、光記録媒体が、光磁気記録媒体であり、記録用ヘッドが、上述の光ヘッドであり、再生用ヘッドが、光磁気記録媒体の漏れ磁束を検出する磁気抵抗効果を用いた磁気ヘッドであることを特徴とする。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

以下本発明の具体的な実施の形態について図面を参照して説明する。

図1は本発明の光ヘッドの第1の実施形態を示す。図1に示す光ヘッドは、スライダ100と、スライダの光記録媒体140に対向する面に形成された光学素子10と、光学素子に光を入射するための集光光学系110と、集光光学系に光源からの光を伝送する光ファイバー120と、これらの複合体を支持するサスペンション130を備える。

#### 【0016】

ここで、光学素子10に関して、本発明を理解するため重要ないくつかの条件について記述する。

光学素子10は、図2にその断面図図2(A)と平面図図2(B)を示すように、導電性フィルム20の両側に形成された同心円状の表面形状30と、その中央付近に形成された導電性フィルム20を貫通する開口40からなる。光束50は、導電性フィルム20の第一の表面に照射される。導電性フィルム20は金属、あるいはドーブ処理をした半導体材料からなり、アルミニウム、銀、金、クロム等が望ましい。図2(A)では、導電性フィルムの第1の表面20aと第2の表面20bの両側に周期 $\Lambda$ の表面形状が形成されているが、どちらか片側のみに形成されていても良い。さらに表面形状は導電性フィルムに、イオンミリング等の手法により直接形成しても良いし、先に任意の基体上に表面形状を形成し、その上に導電性フィルムを形成することで、導電性フィルムに表面形状を転写しても良い。また表面形状とは周期的に隆起したあるいは沈下した反復パターンであり、ここでは開口の周囲に同心円状に凹凸を設けた例を示したが、他に窪みや突起が二次元格子状に並んだものや、溝やリブが一次元格子状あるいは二次元格子状に並んだものであっても良い。また図では導電性フィルムの第1の表面と第2の表面の表面形状は同位相で形成されているが、逆位相(半周期ずれた状態)であっても良い。

#### 【0017】

さらに、図2では開口の形状が円形である場合を示したが、これは本発明の範囲から逸脱することなく、他の形、例えば楕円形、長方形等にすることができる。本発明の主旨から言って、波長以下の高分解能特性を得る上で、開口は波長より小さな直径をもつことが好ましい。開口が楕円や長方形である場合には、少なくともその短軸方向の長さが波長よりも小さいことが望ましい。

開口の位置に関しては表面形状の中央に位置するのが望ましいが、その位置ずれが $\Lambda/4$ 以下であれば大きな問題は発生しない。このことは、図2の光学素子断面図を用いて説明すると、表面形状の中央の窪み部分に開口が形成されれば光透過率の大きな損失がないことを表している。

10

20

30

40

50

## 【0018】

導電性フィルムの厚みについては、光学的に不透明である、すなわち開口以外の部分で少なくとも入射光の導電性フィルム内への侵入長より大きくする必要がある。ただし必要以上に厚くするとアスペクト比の高い開口の形成が必要となり、製造上の困難さを伴うため、実際にはある最適な厚みが存在する。

ここで表面形状の周期 $\Lambda$ について、表面プラズモンモードを考慮した上で好ましい寸法について説明する。入射光の波長を $\lambda$ 、表面形状の周期を $\Lambda$ とすると、表面形状が形成された面に垂直に光を入射させた場合の、表面プラズモンモードが効果的に励起される条件は次式で表される。

$$\lambda = \Lambda \cdot (\epsilon_m \epsilon_d)^{1/2} / (\epsilon_m + \epsilon_d)^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 $\epsilon_m$ は導電性フィルムの誘電率、 $\epsilon_d$ は導電性フィルムに隣接する誘電媒体の誘電率を表す。

例えば導電性フィルムとして銀を用い、表面形状の周期を600nmとした場合、波長630nm付近に光透過強度のピークが現れた。また、表面形状の周期を750nmとした場合、波長790nm付近に光透過強度のピークが現れた。この結果は(1)式と照らし合わせると、銀の空気側の表面における表面プラズモンモードによる光透過強度の増強現象として説明できる。このように使用する光源の波長に合わせて表面形状の周期を決めることで光学素子を伝送する光を好適に増強することができる。なお上記のように光源の波長に対して表面形状の周期を調整しなくても何らかの周期構造が設けられていれば、表面形状を設けない場合に比べ光の増強は起こる。

なお実際の製造を前提とした現実的な構造を考えると、例えば導電性フィルムの一方の表面が空気、もう一方の表面が導電性フィルムを支持する基体(基板)である場合等、両側が必ずしも同じ誘電媒体でない状態が考えられる。その場合は、(1)式に基づき、それぞれの誘電媒体に適した周期形状を形成しても良い。

## 【0019】

次に、図1のスライダ100の材質は、使用する光源の波長に対し、少なくともその光路において透明であれば良い。またスライダを導電性フィルムの支持基体、すなわち基板として用いる場合には、導電性フィルムが接する面ができるだけ平滑な面であることが好ましい。また、例えばスライダは、記録媒体140側に、媒体との距離を安定に近接させた状態に維持するよう設計された底面形状101を有する形状としても良い。これはハードディスク装置等で用いられている浮上型ヘッドの空気軸受け面の形状を参考に設計すれば良い。底面形状は一般には機械加工、あるいはイオンミリング等のエッチング工程により形成される。スライダ外形画定のための加工も含め、スライダ材質の精密加工性についても考慮されることが好ましい。具体的には光学ガラス、石英等の材料が利用できる。

さらにハードディスク装置等で用いられている浮上型ヘッドと異なり、スライダ上部に接着された光モジュールによる非対称な重量バランス、あるいは付設された光ファイバーの剛性等により、安定したスライダ浮上姿勢が維持できない場合がある。この場合、スライダ/光モジュール複合体の適当な部分に重量バランスを補正するバランスを設置しても良い。また、浮上動作に影響を与えないよう光ファイバをサスペンション等の適切な部分にクランプ(固定)しても良い。

## 【0020】

集光光学系110は光源からの光を効率良く光学素子10に導くことが求められる。図1に示すように、光ファイバ120から出射された光をコリメート光にするための光学レンズ111、コリメート光の光軸を直角に偏向するための光学ミラー112、さらには光学素子に集光するための光学レンズ113から形成されることが好ましい。光学レンズとして屈折率が一方の面から他方の面に向かって半球状に所定の勾配を有する平面マイクロレンズを利用しても良い。また回折現象を利用したフレネルゾーンプレートを利用しても良い。屈折率勾配平面マイクロレンズを例にとれば、一枚の光学ガラス基板上に選択イオン交換法によりマイクロレンズを多数形成することで、例えばスライダ基体との接着をバー(一次元配列)、あるいはウェハ(二次元配列)の段階で行うことが可能であり、大量生

10

20

30

40

50

産に適した製造方法が構築できる。また各部材の接合面の一部またはすべての部分に反射防止膜を設け、光の利用効率を極限まで高める施策を行っても良い。以上述べた本発明を理解するための重要ないくつかの条件については、安価に安定に本発明の光ヘッドを提供する上で、必要に応じて導入することが好ましい。

#### 【0021】

次に、本発明の光ヘッドの具体的な作製方法について図3を用いて説明する。まず合成石英母材をウェハ形状に切り出し、これを両面研磨により平滑表面に仕上げ、厚み0.5mmのスライダ基板300とした。この上に集束イオンビーム(FIB)加工を用いて、表面形状30となる周期600nm、深さ200nmの同心円状の溝を形成した(図3(a))。溝の幅はちょうど1周期の半分となるように設定した。また溝の数は10(同心円状の溝の最外側にある溝の外径R2は12μm程度)とした。そして、この上に導電性フィルム20となる、厚み300nmの銀膜をDCスパッタ法で成膜した。このとき銀膜の表面(空気側)にはあらかじめ基板に設けた表面形状と同じ周期の表面形状が転写された。この後表面形状の中央にFIB加工により、直径50-200nmの微小な開口を形成することで光学素子10とした(図3(b))。FIBの加工条件は加工体積を勘案して適切に設定することが望ましい。例えば、開口の加工時にはイオンビームアパーチャ径を最小とし、精密な加工を行い、また表面形状の加工時には、開口形成時よりも大きめのビームアパーチャを使用し、加工スループットを優先させた加工を行うことができる。光学素子10は基板上に一定ピッチで正確に並べて形成した。このピッチはスライダ100の外形寸法を考慮し決定した。すなわち本基板を一定ピッチで切り出せば、そのままスライダとして利用することができる。

10

20

次にフォトリソグラフィの手法を用い、光学素子を含む所定の箇所をレジストで覆い、周囲をイオンミリングによりエッチングすることによって、底面形状101を形成した(図3(c))。これをバー状に切り出し、光学素子10と底面形状101の組が一行に並んだスライダアレイ310が完成する。

光学レンズ、光学ミラーの複合体からなる集光光学系110は、先に述べたスライダアレイと同様に、一行に並んだ集光光学系アレイ320として準備する。

#### 【0022】

図4を用いて集光光学系アレイ320の作製方法を簡単に説明する。はじめに光学ガラス基板330上に金属膜340を形成し(図4(a))、フォトリソグラフィによって円形開口350を形成する(図4(b))。次にこの基板を溶融塩に浸し選択イオン交換を行う(図4(c))。その後金属膜340を除去することで、基板の厚み方向に半球状に所定の屈折率勾配を有する平面マイクロレンズ360が形成される(図4(d))。円形開口350は所定のピッチ、具体的にはスライダアレイ310において光学素子10が並べられたピッチと同一とすると良い。これをバー状に切り出しマイクロレンズアレイ370とし、さらには光学ミラー380と組み合わせることにより(図4(e))、集光光学系アレイ320が完成する(図4(f))。

30

#### 【0023】

次に、バー状に切り出されたスライダアレイ310と集光光学系アレイ320、及び光ファイバを位置出し治具を用いて位置決めを行った後、接着部に紫外線硬化樹脂を適量塗布し、これに紫外線を所定時間照射して硬化・固定した(図3(d))。最後にバー状のスライダ/集光光学系アレイを所定のスライダ形状に切り出し、サスペンション130を接着し光ヘッドとした(図3(e))。

40

#### 【0024】

作製した光ヘッドにおいて、光源として波長630nmの半導体レーザを用い、開口からの光透過強度を調べた。開口からの光透過強度は顕微分光装置を用い、開口直上位置において測定した。

作製した光ヘッドは図5(b)及び(c)に示すように、光束と光学素子との間にオフセットを有するもの、あるいは光束がある入射角をもって光学素子に入射しているものに分類された。

50

図6に、作製した光ヘッドについて、光束／光学素子（開口）の位置ずれ量と光透過効率の増幅率の関係を示す。作製した光ヘッドにおいて、光学素子位置における光スポットの集光径 $R_1$ は $4\mu\text{m}$ 程度であった。ここで光透過率の増幅率は以下の式により算出したものである。

光透過率の増幅率＝（周期的表面形状を有する試料の開口から出射される光強度）／（周期的な表面形状がない試料の開口から出射される光強度） （2）

また図中、 $R_1$ は光学素子に入射する光束の径、 $R_2$ は開口を中心として同心円状に設けた周期構造の最外側の溝の外径を示している。さらに、同図には周期構造を有する部分（点線の円）と開口（点）と光束（実線の円）を示し、それぞれの位置関係を模式的に示している。

10

#### 【0025】

図6に示す通り、光束の中心が開口位置からずれるにしたがって光透過率の増幅率は少しずつ低下するものの、位置ずれ量が光束の集光径 $R_1$ （ $4\mu\text{m}$ ）の半分以下であるときには、100倍以上の顕著な光透過率の増強がみられる。このように集光された光束の中心と開口位置がある位置ずれを有していても、光透過率の増強現象がみられるのは、導電性フィルム上に励起された表面プラズモンが、ある有限の長さの範囲において顕著な損失を示さずに伝搬することができるためと本発明者は推測している。なお周期構造による回折または干渉などの他の現象も本現象に寄与している可能性がある。換言すれば、表面形状は入射光束に対し集光器として機能している。よって、本発明の光学素子では、入射する光の光束中心と開口位置とを完全に一致させなくとも高い透過率を実現できる。また、表面形状、光束、及び開口の位置関係を所定範囲に規定することによって、顕著な光透過率の増強が得られる。

20

#### 【0026】

図7に、作製した別の光ヘッドについて、光束／光学素子（開口）の位置ずれ量と光透過効率の増幅率の関係を示す。作製した光ヘッドにおいて、光学素子位置における光束の集光径 $R_1$ は $2.5\mu\text{m}$ 程度であった。なお、表面形状の形状や周期および入射光波長は、前掲の図6の特性評価に用いた光学素子と同じ値とした。

図7に示す通り、光束の中心が開口位置からずれるにしたがって光透過率の増幅率は少しずつ低下するものの、位置ずれ量が光束の集光径 $R_1$ （ $2.5\mu\text{m}$ ）の半分以下であるときには、100倍以上の顕著な光透過率の増強がみられた。

30

このように光束の集光径 $R_1$ によらず、位置ずれ量が集光径 $R_1$ の半分程度であれば、換言すれば光束が開口を内包すれば、実用上十分な光効率の増強がみられた。

#### 【0027】

図8に、作製したさらに別の光ヘッドについて、光束／光学素子（開口）の位置ずれ量と光透過効率の増幅率の関係を示す。作製した光ヘッドにおいて、光学素子位置における光スポットの集光径 $R_1$ は $4\mu\text{m}$ 程度であった。また溝の数は5（表面形状の最外側の溝の外形の大きさ $R_2$ は $6\mu\text{m}$ 程度）とした。なお、表面形状の形状や周期および入射光波長は、前掲の図6の特性評価に用いた光学素子と同じ値とした。

#### 【0028】

図8に示す通り、光束の中心が開口位置からずれるにしたがって光透過率の増幅率は少しずつ低下した。さらに同じ光束の集光径 $R_1$ を有する上記図6のケースに比べ、特に位置ずれ量（ $\mu\text{m}$ ）が $1.2\mu\text{m}$ よりも大きなところで、光透過率の増幅率の低下が顕著にみられた。これは、この領域において、光束の一部が表面形状の外側に照射される配置となり、光の利用効率が低下するためと考えられる。即ち、光透過率の増幅率の低下を抑制するためには、光学素子に入射する光の集光位置における光束を少なくとも含むように（光束の面積より大きい領域に）表面形状を形成する必要がある。

40

#### 【0029】

以上の図6乃至図8に示した3つの光束／光学素子（開口）の位置ずれ量と光透過効率の増幅率の関係を示すデータから、光束の中心の微小開口からの位置ずれは、光学素子の表面形状の外径内に光束が存在すれば、光束の半径程度まで許容できることを意味する。こ

50

のことは、従来技術で述べたような近接場光技術を用いた光ヘッドでは得ることのできない特長である。

#### 【0030】

上記図6から図8に示した実施例では表面形状を同心円状のリングとした場合の例を示したが、別構造の周期構造でも同様の効果が得られる。例えば、開口を中心に編み目状に円状の突起を設けた形状とした場合や、等間隔の長さの溝を縦方向に周期的に形成した場合では、上記図6の場合より全体として光透過率の増幅率は下がったがその傾向（位置ずれ量が光束径の半分以下であれば良好な増幅率が得られる点、光学素子に入射する光の集光位置における光束を含むように周期構造を形成することで、増幅率の低下を抑制できる点など）は変わらなかった。

10

なお、編み目状の表面形状とした場合では、各突起の間隔（縦、横間隔）は600nm、突起の径は300nmとして、その他は図6の構成と同様の条件で行った。

また、縦方向の溝を周期的に設けた場合では、溝の縦方向の長さを10μm、溝幅300nm、溝間隔600nmとし、表面形状以外は図6の構成と同様の条件で行った。

#### 【0031】

図9に、上記図6の特性評価に用いた光学素子と同じ光学素子を使った光ヘッドについて、入射角と光透過率の増幅率の関係を示す。なお、入射光波長は、上記図6の特性評価に用いた光学素子の場合と同じである。入射角 $\theta$ は図10に示すように、光の入射面内で光学素子の法線方向に対し入射光軸のなす角で定義され、実際の光ヘッドにおいては、スライダと光モジュールの接着面のなす角、あるいは光モジュールを構成する光学ミラー／光学レンズの接着角度、あるいは光ファイバーの接着角度等により決まる。

20

図9に示す通り、入射角が大きくなるにつれて光透過率の増幅率は少しずつ低下するものの、入射角が2度より小さい場合には、100倍以上の顕著な光透過率の増強がみられ、入射角が5度のときにおいても、依然50倍以上の顕著な光透過率の増強がみられる。このように入射光がある角度を有すると、光透過率の増強率が変化するの、表面プラズモンモードが効果的に励起される波長 $\lambda$ が、表面形状の周期 $\Lambda$ が一定であっても、入射角に依存してわずかにシフトするためであると本発明者は推測している。換言すれば、入射角の範囲を最適な値に規定することによって、表面プラズモンモードが効果的に励起される波長 $\lambda$ のシフトの影響を受けずに、顕著な光透過率の増強が得られる。なお周期構造による回折または干渉などの他の現象も本現象に寄与している可能性がある。

30

#### 【0032】

このように本発明の光ヘッドは、各部材の組み立て精度、すなわち光学素子と、それに入射する光の光軸との位置関係を最適な状態に規定することで、実用上十分な光透過率を有する光ヘッドを実現することができる。

#### 【0033】

さらに、表1に、作製した光ヘッドについて、入射直線偏光の偏光方向の角度を調整しながら光透過効率の増幅率を調べた結果を示す。本実施例では、偏光方向の角度を任意に変更するために、光源と光ファイバの間にファラデー素子を挿入し、このファラデー素子に印加する磁界を調整することで、入射光の偏光方向の違いによる影響を調べた。なお作製した光ヘッドにおいて、光学素子位置における光スポットの集光径 $R_1$ は4μm程度であった。また溝の数は10（表面形状の外形の大きさ $R_2$ は12μm程度）とした。なお、表面形状の形状や周期および入射光波長は、上記図6の特性評価に用いた光学素子と同じ値とした。

40

#### 【0034】

#### 【表1】

位置ずれ量( $\mu\text{m}$ )	光透過率の増幅率 偏光面調整前	光透過率の増幅率 偏光面調整後
0.4	120	122
1.2	113	117
1.8	105	112

10

## 【0035】

表1は、位置ずれ量を0.4 $\mu\text{m}$ 、1.2 $\mu\text{m}$ 、1.8 $\mu\text{m}$ と変え、その際の光透過率の増幅率変化を調べたものである。表中にはファラデー素子による入射光の偏光を調整する前と、調整により増幅率が最大になった状態との増幅率を示している。

表1に示す通り、ファラデー素子への印加磁界を調整して偏光方向を回転させることにより、光透過効率の増幅率が増加するものがみられた。この結果については以下のように推測される。表面形状と光束の中心が完全に一致あるいは概ね一致する場合（図11（a）、（b））については、偏光方向（図11では電界の振動方向70を示している）を調整する効果は全くないか、あるいはそれほど大きくない。これは表面形状が同心円状である場合、偏光方向はどうであれ、偏光方向に対して表面形状は常に同一の配置となるからである。これに対して、表面形状と光束の中心の位置ずれ量が無視できない場合（図11（c）、（d））には、好ましい偏光方向が存在すると推測される。すなわち図11の（d）に比べ（c）の場合には、表面プラズモンモードをより効果的に励起することができると考えられる。換言すれば表面形状と光束の中心のずれ量が無視できない場合には、偏光方向を可変する手段を組みすることにより、光透過率の増幅率を高めることができる。なお周期構造による回折または干渉などの他の現象も本現象に寄与している可能性がある。入射光の偏光面の角度を可変できる光素子は、本発明の光学系に必ずしも必要ではないが、例えば波長板、あるいはファラデー素子等が使用できる。またこれら偏光面の角度を可変できる光素子は、光源と光学素子の間の光路上にあってもよい。

20

30

## 【0036】

実際の作製工程において本発明に示す位置決め精度を実現する方法として、例えば各部材に位置決め用に設けられた窪み、または溝、または突起、または突出部等を所定の位置に形成しておき、そのいずれか同士を合致させることで行うことができる。これは最も簡便で低コストな方法である。

または、実際の部材に光を導入することで各部材の位置出しをより高精度に行うことができる。例えば、図3（d）に示す状態で、一つあるいは複数の光モジュールに光を導入し、光学素子からの出力光を計測しながら位置出しを行うことができる。この場合は、微小開口からの出力光をモニターしても良いが、いくつかの光学素子の位置にあらかじめ位置決め部位として使用する窓を形成しておき、この部分で位置決め工程を行うことができる。

40

## 【0037】

上記の実施形態の他にも、本発明に示す位置決め精度を実現することが可能であれば、他の類似の構造についても同様の効果を得ることができる。例えば、スライド基板において光学素子が形成される面と逆側に集光用のマイクロレンズを形成し、スライドに光学素子と集光レンズが一体形成された構造であっても良い。この場合、入射角については、スライド基板の表裏の面の平行度について考慮する必要がある。

## 【0038】

さらに実際の作製方法については、上記の実施形態に制限されるものではなく、同様の構造が実現できれば、他の作製方法であっても良い。

50



なお、実際の装置を作製する際には、一般に、光軸の誤差（位置ずれ量）は光ファイバと集光光学系の接着や、集光光学系と光ヘッドとの接着の際に主に発生する。このため本発明では、この部分で発生する誤差を調整することで、つまり上記の通り、位置ずれ量を光束の半分以下とするよう調整することで、十分な透過率の増強が可能な装置を提供することができる。

#### 【0039】

次に、本発明の光ヘッドを用いた光記録再生装置の実施形態を示す。

図12に光記録再生装置400を示す。光記録再生装置400は、筐体内部に回転軸430を中心に取り付けられた光記録媒体420と、アーム440に固定された光ヘッド410を有する。アームはボイスコイルモータ（図示せず）により回転操作される。また光記録媒体は制御回路により駆動制御されるスピンドルモーターの回転に伴い、所定の回転数で回転操作される。この回転操作により、光ヘッド410の先端に位置するスライダ部分は光記録媒体上を浮上走行し、スライダの媒体対向面に形成された光学素子と記録媒体は100nm以下の近接した状態に安定に維持される。またとくに、本発明の光ヘッドでは、従来に比べ格段に小さな光束での記録が可能であり、その結果、従来にない高密度な情報の記録が実現できる。

#### 【0040】

図13は本発明の光ヘッドを用いた光記録再生装置の別の実施形態を示す図である。光記録装置400は、筐体内部に回転軸430を中心に取り付けられた光記録媒体420と、アーム440に固定された光ヘッド410を有する。アームはボイスコイルモータ（図示せず）により直線状に操作される。また光記録媒体は、制御回路により駆動制御されるスピンドルモーターの回転に伴い、所定の回転数で回転操作される。この回転操作により、光ヘッド410の先端に位置するスライダ部分は光記録媒体上を浮上走行し、スライダの媒体対向面に形成された光学素子と記録媒体は、100nm以下の近接した状態に安定に維持される。また特に、本発明の光ヘッドでは、従来に比べ格段に小さな光束での記録が可能であり、その結果、従来にない高密度な情報の記録が実現できる。

#### 【0041】

光記録媒体420に記録された情報を再生するためには、光記録媒体として相変化媒体を用い、図1の光ヘッドにおいて光学素子10の光記録媒体側表面にフォトディテクタを形成することによって、媒体からの反射光を読み出すことができる。

また、光記録媒体として光磁気記録媒体を用い、光学的に記録し、媒体からの漏れ磁束を磁気抵抗効果を用いたヘッドで磁氣的に再生することもできる。

#### 【0042】

以上の実施形態の説明において、本発明の光学素子は、光ヘッドへ適用する場合について詳しく述べたが、このような応用に限定されるものではなく、例えば前述の集光器や顕微用プローブ等を含め、ナノフォトニクスへ広く応用することができる。とくに本発明の光学素子は、波長以下の径の微小開口による高分解能性能と周期的な表面形状による中分解能性能を合わせ持ち、さらに、波長選択性を有するため、使い勝手の良いナノフォトニクス素子として利用することができる。

#### 【0043】

#### 【発明の効果】

以上説明したように本発明は、波長以下の開口と周期的な表面形状を有する導電性フィルムからなる光学素子とこれを備えた光ヘッドにおいて、各部材の組み立て精度、すなわち光学素子と、それに入射する光の光軸との位置関係を最適な状態に規定することで、実用上十分な光透過率を発生させる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ヘッドの一実施形態を示す図である。

【図2】本発明の光ヘッドにおける光学素子と光スポットの位置関係を示す図である。

【図3】本発明の光ヘッドの作製方法を説明する図である。

【図4】本発明の光ヘッドの作製方法を説明する図である。



【図5】本発明の光ヘッド作製方法において、入射光と光学素子の間の光軸ずれを説明する図である。

【図6】本発明の光ヘッドにおける光学素子と光束との位置ずれの特性を示す図である。

【図7】本発明の光ヘッドにおける光学素子と光束との位置ずれの特性を示す図である。

【図8】本発明の光ヘッドにおける光学素子と光束との位置ずれの特性を示す図である。

【図9】本発明の光ヘッドにおける光学素子への光束の入射角度特性を示す図である。

【図10】本発明の光ヘッドにおける光学素子に対する入射角度を説明する図である。

【図11】本発明の光ヘッドにおける光学素子と光束との位置ずれの特性を示す図である。

【図12】本発明の光記録再生装置の第1の実施形態の構成を示す図である。

10

【図13】本発明の光記録再生装置の第2の実施形態の構成を示す図である。

【図14】従来例の表面プラズモンエンハンス効果による読み出し／書き込みヘッドを示す図である。

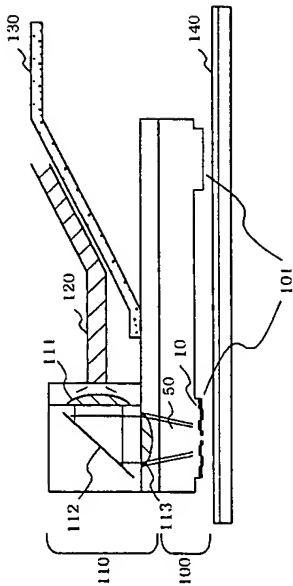
【図15】従来例の近接場光学ヘッドにおける微小開口の設定方法を示す図である。

【符号の説明】

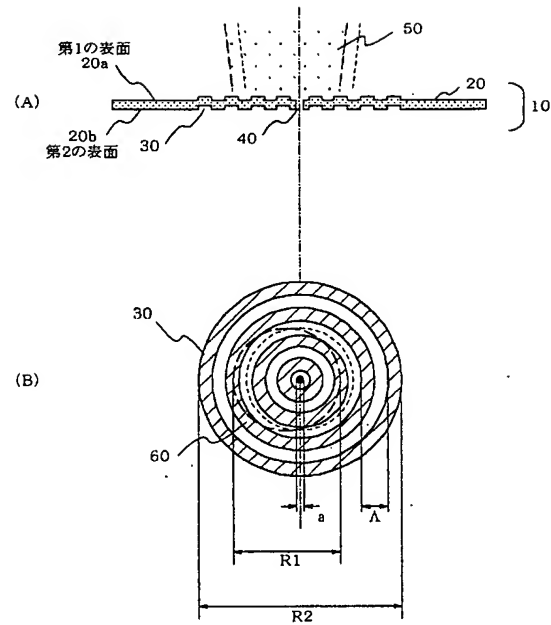
10	光学素子	
20	導電性フィルム	
20a	第1の表面	
20b	第2の表面	
30	表面形状	20
40	開口	
50	光束	
70	電界の振動方向	
100	スライダ	
101	底面形状	
110	集光光学系	
111	光学レンズ	
112	光学ミラー	
113	光学レンズ	
120	光ファイバ	30
130	サスペンション	
140	光記録媒体	
300	スライダ基板	
310	スライダアレイ	
320	集光光学系アレイ	
330	光学ガラス基板	
340	金属膜	
350	円形開口	
360	マイクロレンズ	
370	マイクロレンズアレイ	40
380	光学ミラー	
400	光記録再生装置	
410	光ヘッド	
420	光記録媒体	
430	回転軸	
440	アーム	
500	読み出し／書き込みヘッド	
510	導波路	
512	端面	
520	プラズモン増幅デバイス	50

5 2 2	金属膜
5 3 0	開口
5 4 0	表面形状
5 5 0	光記録媒体
6 3 1	集光部
6 4 0	基体膜
6 5 0	フォトリソスト膜
6 6 0	遮光マスク
6 6 1	微小開口
6 8 0	受光器

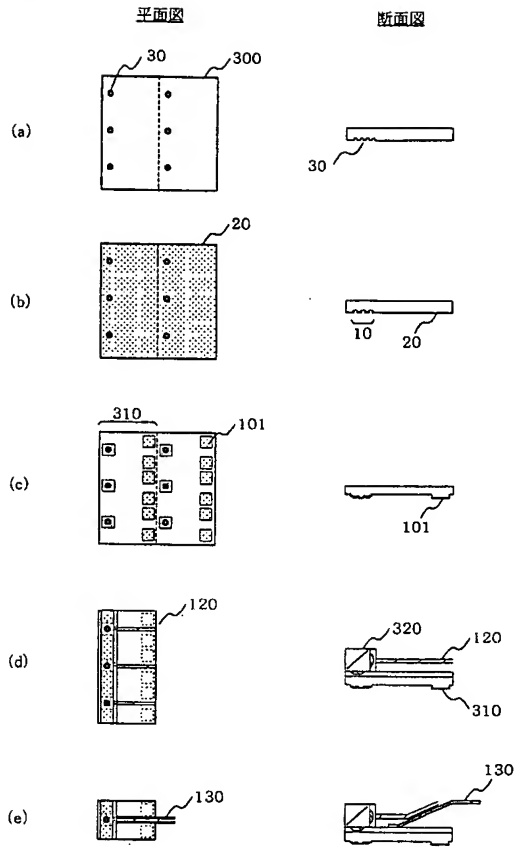
【図 1】



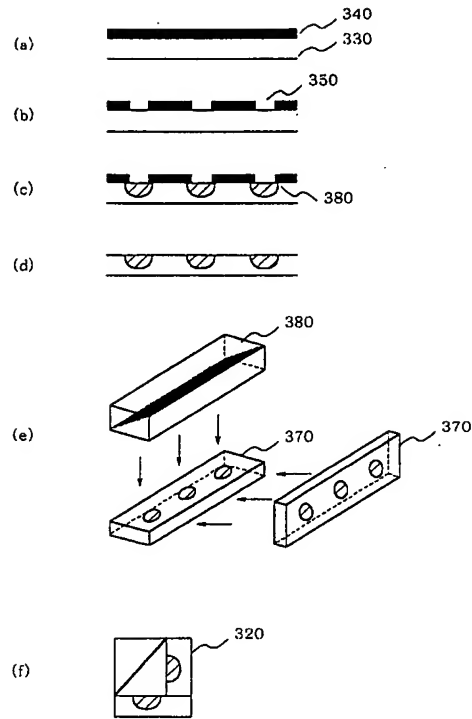
【図 2】



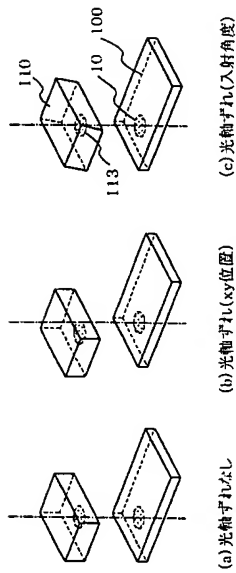
【図 3】



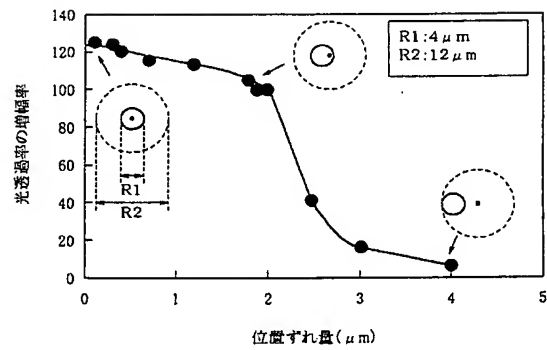
【図 4】



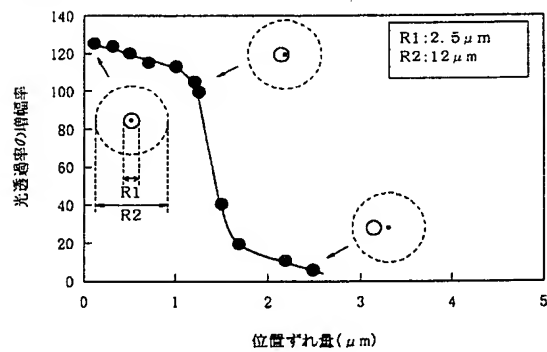
【図 5】



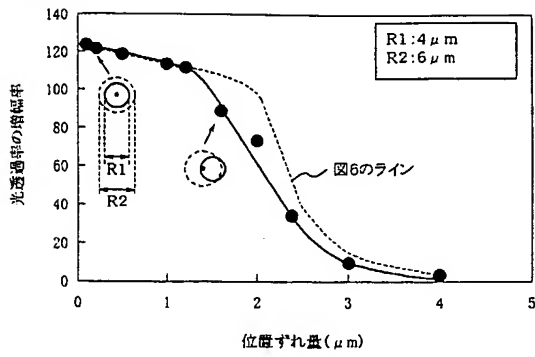
【図 6】



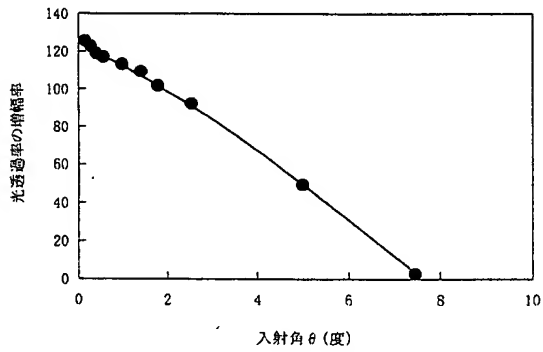
【図 7】



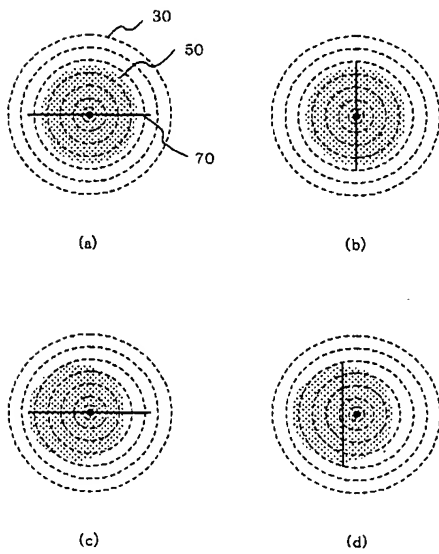
【図 8】



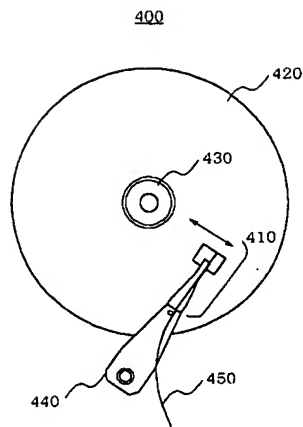
【図 9】



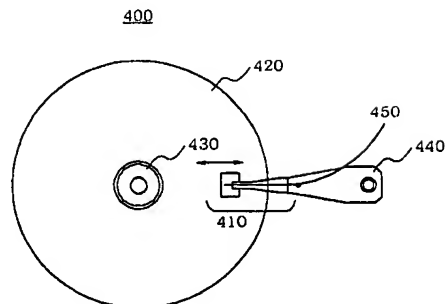
【図 11】



【図 12】

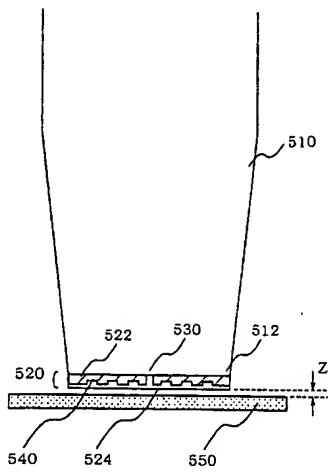


【図 13】



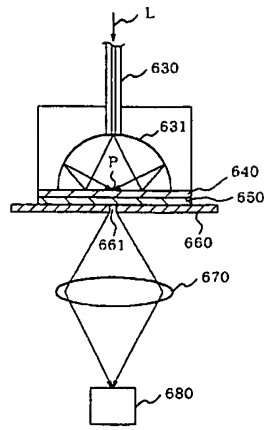
【図 14】

500

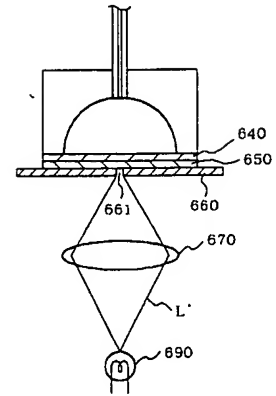


【図 15】

(A)



(B)



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

G 1 1 B 11/105 5 5 1 L

G 1 1 B 11/105 5 5 1 R

G 1 1 B 11/105 5 6 6 C

(72)発明者 横田 均

東京都港区芝五丁目7番1号

日本電気株式会社内

(72)発明者 加藤 邦男

東京都港区芝五丁目7番1号

日本電気株式会社内

Fターム(参考) 2H079 AA08 AA13 CA24

5D075 CC05 CD17 CD18 CE17

5D119 AA22 AA38 AA43 BB05 BB10 CA06 EB02 EC35 JA02 JA06

JA21 JA33 JA35 JA42 MA06

5D789 AA22 AA38 AA43 BB05 BB10 CA06 EB02 EC35 JA02 JA06

JA21 JA33 JA35 JA42 MA06